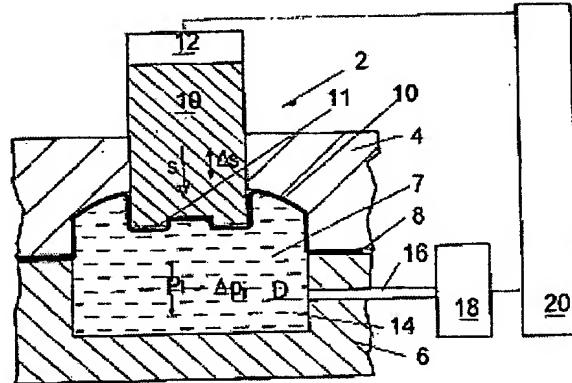


Method and press tool for hydraulically forming items from sheet or tube

Patent number: DE19751035
Publication date: 1999-05-27
Inventor:
Applicant: FORSCHUNGSGESELLSCHAFT UMFORMT (DE)
Classification:
- international: B21D26/02; B21D26/00; (IPC1-7): B21D26/02
- european: B21D26/02; B21D26/02H
Application number: DE19971051035 19971118
Priority number(s): DE19971051035 19971118

Report a data error here**Abstract of DE19751035**

As hydraulic fluid (7) pressure (P_i) on the workpiece (8) increases, it is subjected to a pulsed variation (ΔP_i), either at low frequency of about 100Hz, or at ultrasonic frequency of about 25 kHz. Where the tool (2) has one or more active rams (10), an oscillation (Δs) is applied to the motion (SA). The face (11) of the active ram is profiled to the form required for the item. The workpiece is formed by hydraulic pressure within a tool which can have active rams. A control unit (20) connected to the ram drive (12) and/or the pump (18) regulates the hydraulic pressure and the motion of the active ram.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide**BEST AVAILABLE COPY**



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 197 51 035 A 1**

(51) Int. Cl. 6:
B 21 D 26/02

(21) Aktenzeichen: 197 51 035.3
(22) Anmeldetag: 18. 11. 97
(43) Offenlegungstag: 27. 5. 99

DE 197 51 035 A 1

(71) Anmelder:
Forschungsgesellschaft Umformtechnik mbH,
70174 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
Rumrich, G., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 09116
Chemnitz

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

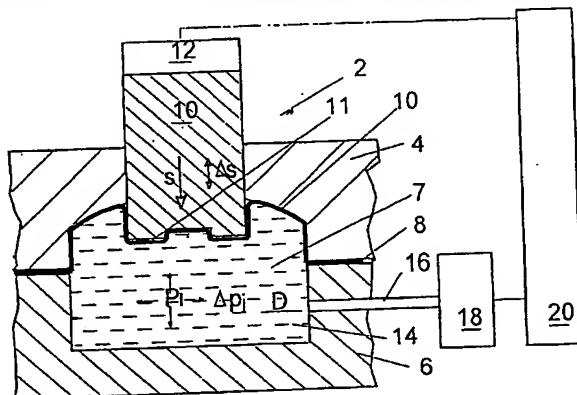
(56) Entgegenhaltungen:
DE 38 40 939 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Umformen eines Werkstückes unter Einwirkung eines Druckmediums

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines Werkstückes unter Einwirkung eines Druckmediums, wobei die Bewegung des Gegenhalters (G) und/oder des Formstempels (F) und/oder des Nachschiebezylinders (Z) und/oder das Aufbringen des anliegenden Hochdrucks durch das Druckmedium (D) im Rhythmus einer Schwingung erfolgt. Der Druckzylinder (12) zur Erzeugung des Stempelrückhubes des Gegenhalters (G) und/oder des Stempelvorschubes und des Stempelrückhubes des Formstempels (F) und/oder des Stempelvorschubes des Nachschiebezylinders (Z) mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingung und/oder der Druckzylinder zur Erzeugung des Hochdruckes des Druckmediums sind mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingungen des Druckmediums gekoppelt.



DE 197 51 035 A 1

DE 197 51 035 A 1

1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines Werkstückes unter Einwirkung eines Druckmediums. Dabei kann das Werkstück als ein Hohlkörper oder als blechförmiges Teil in Form einer einfach- oder Doppelplatine ausgebildet sein. Das Werkstück wird einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium ausgesetzt, wobei das Werkzeug einen Gegenhalter, der während des Umformprozesses zurückfährt und ein Formelement freigibt oder einen Formstempel, der durch eine Vorschubbewegung Formelemente im Werkstück erzeugt, aufweisen kann und beim Innenhochdruckumformen an den offenen Enden des Werkstückes Nachschiebezylinder zum Nachführen des Werkstoffes angeordnet sein können. Es findet dabei eine Hochdruckquelle zum Bereitstellen eines mit Hochdruck beaufschlagbaren Druckmediums und eine Druckzuführung zum Zuführen des Druckmediums in den Hochdruckraum Anwendung.

Beim Innenhochdruck-Umformverfahren und dem ebenso bekannten hydromechanischen Tiefziehen werden Bauteilwandungen unter Einwirkung eines unter hohem Druck stehenden Druckmediums an die Konturen eines Werkzeuges gedrückt.

So wird gemäß DE 44 34 779 A1 ein Verfahren zum Umformen von Metallblech beschrieben, wobei eine Platin zwischen einem Oberwerkzeug und einem Unterwerkzeug flüssigkeitsdicht eingespannt und durch das Einwirken eines hydraulischen Druckmediums auf die Formkontur abgeformt wird. Dieser Prozeß läuft in zwei Stufen ab, wobei in der ersten Stufe die Platin zunächst bis zu einer Dehnung von 10 bis 17 Prozent in Richtung auf die Formkontur vorgeformt und in der zweiten Stufe das bei anhaltendem Druck unter nachziehen des Bleches ohne weitere Dehnung bis zum vollständigen Anliegen an der Form endgeformt wird.

Der Formstempel kann in Richtung zur Trennebene verfahren werden. Auch das Innenhochdruckumformen von zwei randseitig miteinander verbundenen Blechplatten ist gemäß DE 195 35 870 A1 bekannt. Dabei kann nach dem Innenhochdruckumformen durch einen Preßstempel eine topfförmige Einbuchtung erzeugt werden. Es sind auch zahlreiche Lösungen zum Innenhochdruckumformen von rohrförmigen Ausgangsteilen bekannt, bei welchen das Rohr beidseitig durch Nachschiebezylinder nachgeschoben werden kann. Der Nachteil beim Herstellen von Formelementen beim Umformen mittels Druckmediums besteht darin, daß sehr kleine Radien nicht herstellbar sind und daß bei Formelementen im Werkzeug durch die Reibung an den Kanten des Formelements der Werkstückwerkstoff reißen kann oder eine ungenügende Ausformung erzielt wird.

Auch das Ausformen von runden Werkstücken zu Profilen mit vieleckigem Querschnitt ist möglich, wobei die Größe der Eckradien ebenfalls begrenzt ist.

Beim Innenhochdruckumformen rohrförmiger Ausgangswerkstücke drücken die Nachschiebezylinder mit einer definierten Kraft F beidseitig gegen das Werkstück und das Werkzeug verschleißt an der Innenkontur sehr schnell. Um die Reibung herabzusetzen, müssen spezielle Schmiermittel eingesetzt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, beim Umformen mittels Druckmedium das Ausformen von Formelementen mit kleinen Radien zu gewährleisten, die Reibung und den Verschleiß an den Kanten der Formelemente und der Gleitflächen des Werkzeuges zu verringern und Schmiermittel einzusparen.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die Merkmale des ersten und siebenten Patentanspruches und die weiteren Merkmale in deren Unteransprüchen gelöst.

2

Dabei kann das Werkstück zum Innenhochdruckumformen als ein Hohlkörper oder als eine an den Kanten verbundene oder nicht verbundene Doppelplatine und zum hydro-mechanischen Tiefziehen als blechförmiges Teil in Form einer einfach- oder Doppelplatine ausgebildet sein. Eine Seite der Wandung des Werkstückes wird einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium ausgesetzt, so daß sich das Werkstück an die Konturen des Werkzeuges anlegt. Dabei können zum Einbringen von Formelementen und/oder Nebenformelementen und/oder zur Gewährleistung des Werkstoffflusses bewegbare aktive Werkzeugelemente im Werkzeug angeordnet sein. Beim Innenhochdruckumformen rohrförmiger Werkstücke wird das Nachfließen des Werkstoffes durch Nachschiebezylinder verbessert.

15 Erfindungsgemäß erfolgt daß Aufbringen des an der Wandung anliegenden Hochdruckes durch das Druckmedium im Rhythmus einer Schwingung und/oder die Bewegung der beweglichen aktiven Werkzeugelemente in Form von Gegenhalter und/oder Formstempel und/oder Nachschiebezylinder, wird von einer Schwingung überlagert.

20 Dabei kann die Bewegung des Gegenhalters und/oder des Formstempels und/oder der Nachschiebezylinder bei nicht-schwingendem oder schwingendem zu- oder abnehmendem Hochdruck des Druckmediums erfolgen. Die Frequenz der 25 Schwingung des Druckmediums und/oder von Gegenhalter und/oder Formstempel und/oder Nachschiebezylinder liegt vorzugsweise im niederfrequenten Bereich bis 100 Hz. Es ist jedoch auch möglich, eine Schwingung im Ultraschallbereich zu verwenden, vorzugsweise für die Formstempel, Gegenhalter und Nachschiebezylinder. Die Schwingungsamplituden/oder die Frequenzen der Schwingungen des Druckmediums und/oder von Formstempel und/oder Gegenhalter und/oder Nachschiebezylinder können gleich oder unterschiedlich sein.

30 35 Bei der Vorrichtung zum hydromechanischen Tiefziehen eines blechförmigen Werkstückes oder beim Innenhochdruckumformen eines Werkstückes in Form einer Doppelplatine, befindet sich auf einer Seite der Wandung des Werkstückes das Formelement und bedarfswise ein Gegenhalter und/oder ein Formstempel und auf der anderen Seite der Wandung ein Hochdruckraum. Weiterhin ist eine Hochdruckquelle zum Bereitstellen eines Druckmediums und eine Druckzuführung zum Zuführen des Druckmediums in den Hochdruckraum vorgesehen. Erfindungsgemäß sind der 40 45 Druckzylinder zur Erzeugung des Hochdruckes des Druckmediums sowie der Druckzylinder zur Erzeugung des Vorschubes und des Rückhubes von Formstempel und/oder Gegenhalter mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingungen im Druckmedium sowie zur Erzeugung der Schwingung des Gegenhalters und/oder Formstempels gekoppelt.

Weiterhin ist vorteilhafter Weise eine Steuereinrichtung vorgesehen, mit der der Hochdruck des Druckmediums und dessen Schwingungsüberlagerung und/oder die Bewegung und die Schwingung des Gegenhalters und/oder des Formstempels steuerbar sind. Durch die Schwingungsüberlagerung des Druckes des Druckmediums und/oder der Bewegung von Gegenhalter und/oder Formstempel erfolgt das Umformen in der Art eines pulsierenden Umformens der Wandung des Werkstückes im Rhythmus der jeweiligen 50 Schwingungen. Dadurch wird die Umformbarkeit des Werkstückes wesentlich verbessert und die Reibung in den Kontaktzonen zwischen Werkstück und Werkzeug herabgesetzt. Formelemente, insbesondere kleine Radien werden besser ausgeformt. Der Verschleiß von Gegenhalter und/oder Formstempel und der Verschleiß der Kanten der Formelemente und Nebenformelemente wird durch die Schwingungsüberlagerung wesentlich verringert. Es ist ebenfalls möglich, die Umformkraft des Gegenhalters und/oder des

DE 197 51 035 A 1

3

Formstempels zu verringern, wodurch auch der Gegenhalterdruck reduziert werden kann.

Beim Innenhochdruckumformen von rohrförmigen Werkstücken können beidseitig an den offenen Seiten des Werkstückes Nachschubzylinder vorgesehen werden. Diese können ebenfalls mit Schwingungen beaufschlagt werden, wodurch der Verschleiß an den Reibflächen des Werkzeuges sinkt und Schmierstoff eingespart werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 Vorrichtung zum Hydroumformen bzw. Hydrotiefziehen mit Formelement und schwingendem Formstempel zur Erzeugung eines Nebenformelementes.

Fig. 2 Vorrichtung zum Innenhochdruckumformen eines Werkstückes in Form einer Doppelplatine mit einem zusätzlichen Nebenformelement

Fig. 3 Vorrichtung zum Innenhochdruckumformen eines rohrförmigen Werkstückes mit einem Nebenformelement und Gegenhalter.

Fig. 4 Schnitt A-A gem. Fig. 3

Fig. 5 Weg-Zeit-Diagramm eines schwingenden Formstempels.

Die Vorrichtung gem. **Fig. 1** weist ein Werkzeug 2 auf, zwischen dessen Werkzeugoberteil 4 und Werkzeugunterteil 6 das Werkstück 8 druckmitteldicht eingespannt ist. Im Werkzeugoberteil 4 ist ein Formelement 10 eingebracht und es wird ein Formstempel F zum Erzeugen eines Nebenformelementes 11 geführt, der durch einen Antrieb 12 in Richtung der Wandung des Werkstückes 8 (Vorschubbewegung) und von dieser Weg (Rückhubbewegung) bewegbar ist. Das Werkzeugunterteil 6 besitzt einen Druckraum 14, der über eine Druckzuführung 16 mit einer Hochdruckquelle 18 in Verbindung steht.

Der Antrieb 12 und die Hochdruckquelle 18 sind mit einer Steuereinrichtung 20 verbunden, die es ermöglicht, die Bewegung des Formstempels F und/oder den Druck des Druckmediums D im Rhythmus einer Schwingung zu steuern, vorzugsweise wird dazu ein pulsierendes Ventil oder ein schwingendes Quarz eingesetzt. Ein ähnlicher Aufbau findet beim Innenhochdruckumformen von Werkstücken 8 in Form einer Doppelplatine Anwendung. Dabei befindet sich gem. **Fig. 2** auch im Werkzeugunterteil 6 ein Formelement 10. Die Druckzuführung wird zum Beispiel durch die untere Blechplatine des Werkstückes 8 zugeführt, der Druckmitteldraum D befindet sich somit zwischen beiden Blechplatten. Zum Innenhochdruckumformen von rohrförmigen Werkstücken 8 entsprechend **Fig. 3** ist das Werkstück 8 ein zwischen zwei Werkzeughälften eingelegter und anschließend mit Innenhochdruck beaufschlagter Hohlkörper. Zum Ausformen des Nebenformelementes ist ein Gegenhalter G vorgesehen, der über einen mit der Steuereinrichtung 20 verbundenen Antrieb 12 ebenfalls eine Vorschub- und Rückhubbewegung ausführen kann und auch mir einer Schwingung überlagert werden kann.

Entsprechend des ersten Ausführungsbeispiels (**Fig. 1**), erteilt die Steuereinrichtung 20 dem Formstempel F über den Antrieb 12 einen mit einer Schwingung überlagerten konstanten Vorschub in Richtung der unteren Werkzeughälfte 6, bis die Endposition gemäß **Fig. 1** erreicht ist, während durch das Druckmedium D im Hochdruckraum ein Druck P erzeugt wird. Indem sich der Formstempel F je Schwingungsperiode immer ein größeres Stück vorwärts bewegt, als er sich zurückzieht, und somit eine Schwingungsamplitude in Höhe der Wegdifferenz As vollführt, gelangt er schrittweise vorwärts, bis er seine Endposition erreicht hat. Durch die schwingungsüberlagerte Bewegung des Form-

4

stempels F sind dabei größere Ziehtiefen möglich.

Neben der schwingenden Bewegung des Formstempels F kann auch das Druckmedium D zusätzlich mit einer Schwingung beaufschlagt werden oder es kann auch nur das Druckmedium schwingen, so daß der Druck p_i von einer Schwingungsamplitude Δp_i überlagert wird. Selbstverständlich ist dieses Verfahren auch ohne zusätzliches Einbringen eines Nebenformelementes durch den Formstempel F anwendbar.

10 Durch das neue Verfahren werden auch kleine Radien des Formelementes 10 im Oberwerkzeug 4 und des durch den Formstempel F erzeugten Nebenformelementes 11 zuverlässig ausgeformt.

In Abhängigkeit vom Werkstückwerkstoff und der gewünschten Geometrie des Formelementes 10 bzw. des Nebenformelementes 11 kann es vorteilhaft sein, den konstanten Druck p_i des Druckmediums D durch einen schwingen oder nicht schwingenden zu- oder abnehmenden Hochdruck zu ersetzen. D. h. der Druck p_i steigt oder sinkt bei einer Schwingungsüberlagerung von Δp_i . Das Innenhochdruckumformverfahren eines Werkstückes 8 in Form einer Doppelplatine entsprechend eines weiteren Ausführungsbeispiels (**Fig. 2**) läuft analog ab. Beide Platinen werden durch den Druck p_i des Druckmediums, der auch hier um den Betrag Δp_i pulsierend ist, umgeformt und gegen die Innenwandungen der beiden Werkzeughälften 4 und 6 gedrückt. Auch hier ist ein Formstempel F in der oberen Werkzeughälfte 4 angeordnet, der ein zusätzliches Nebenformelement 11 einbringen kann. Die Vorschubbewegung des Formstempels F kann ebenfalls mit einer Schwingung in Größe der Amplitude Δs überlagert werden.

Beim Innenhochdruckumformen gem. **Fig. 3** befindet sich im Werkzeug ein Formelement 10 und ein Gegenhalter G. Beidseitig an den offenen Seiten des Werkstückes 8 sind 35 Nachschubzylinder Z angeordnet. Bei Druckbeaufschlagung des Druckmediums D mit dem Druck p_i , wahlweise mit einer Schwingungsüberlagerung Δp_i wird das rohrförmige Werkstück 8 an die Innenwandung gepreßt und der Werkstoff legt sich an die durch die Rückhubbewegung des 40 Gegenhalters G freigegebene Wanderung des Nebenformelementes 11 an. Gleichzeitig wird durch eine Vorschubbewegung der Nachschubzylinder Z mit den Antrieben 12.1 das Nachfließen des Werkstoffs gewährleistet. Auch die Bewegungen des Gegenhalters G und/oder der Nachschubzylinder Z können von einer Schwingung in der Größe Δs (Amplitude) überlagert sein.

55 In **Fig. 4** ist der Schnitt A-A des Werkstückes 8 nach dem Innenhochdruckumformen gemäß **Fig. 3** dargestellt. Aus dem rohrförmigen Ausgangswerkstück wurde ein Werkstück 8 mit bereichsweise rechteckigem Profil erzeugt. Auch sehr kleine Radien r_{min} werden dabei durch den pulsierenden Druck Δp_i des Druckmediums D wesentlich zuverlässiger ausgeformt als beim herkömmlichen Innenhochdruckumformen.

60 In **Fig. 5** ist das Weg-Zeit-Diagramm eines das Werkstück 8 umformenden Formstempels F dargestellt. Unter dem Einfluß der Steuereinrichtung 20 ist dem durch den Antrieb 12 realisierten Vorschub s eine Schwingung Δs mit einer Frequenz von 17 Hz überlagert worden. Die Amplitude Δs der resultierenden Vorschubbewegung weist z. B. einen positiven Anteil von 0,06 Millimeter pro Sekunde und einem negativen Anteil von 0,04 Millimeter pro Sekunde auf. Auf dieser Basis formt der Formstempel F bei geringer Kraft in die Wand eines Werkstückes hinein und bildet dabei ein Nebenformelement 11 von hoher Qualität ab. Ein vergleichbares Ergebnis läßt sich mit einer von einem Ultraschallgeber bereitgestellten Ultraschallschwingung erzielen, deren Frequenz vorzugsweise bis 25 Hertz beträgt.

DE 197 51 035 A 1

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen eines Werkstückes unter Einwirkung eines Druckmediums, wobei das Werkstück (8) einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium (D) ausgesetzt wird und im Werkzeug zur Erzeugung von Formelementen und/oder Nebenformelementen und/oder zum Gewährleisten des Nachfließens des Werkstückwerkstoffes bewegbare aktive Werkzeugelemente angeordnet sein können, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen des anliegenden Hochdruckes durch das Druckmedium (D) im Rhythmus einer Schwingung erfolgt und/oder die Bewegung eines oder mehrerer bewegbarer aktiver Elemente von einer Schwingung überlagert ist. 15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Umformen des Werkstückes (8) bei nicht-schwingendem oder schwingendem zu- oder abnehmendem Hochdruck des Druckmediums (D) erfolgt. 20

3. Verfahren zum Umformen eines Werkstückes nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Werkzeugelemente als Gegenhalter (G), Formstempel (F) und Nachschiebezyylinder (Z) zum Nachführen des Werkstückes ausgebildet sein können. 25

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Schwingung des Druckmediums (D) und/oder des Formstempels (F) und/oder des Gegenhalters (G) und/oder des Nachschiebezyinders (Z) im niederfrequenten Bereich bis 100 Hz liegt. 30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Schwingung des Formstempels (F) und/oder des Gegenhalters (G) und/oder des Nachschiebezyinders (Z) im Ultralärrbereich in der Größenordnung bis 25 kHz liegt. 35

6. Verfahren nach einem der Ansprüche von 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsamplituden des Druckmediums (D) und/oder Frequenzen der Schwingungen des Nachschiebezyinders (Z) und/oder des Formstempels (F) und/oder des Gegenhalters (G) gleich oder unterschiedlich groß sind. 40

7. Vorrichtung zum Umformen eines Werkstückes unter Einwirkung eines Druckmediums, mit einem Hochdruck-Umformwerkzeug (2), wobei auf einer Seite der Wandung des Werkstückes (8) das Werkzeug angeordnet ist und sich auf der anderen Seite der Wandung des Werkstückes (8) ein Hochdruckraum (14) befindet sowie mit einer Quelle (18) zum Bereitstellen eines mit Hochdruck beaufschlagbaren Druckmediums (D) und einer Druckzuführung (16) zum Zuführen des Druckmediums (D) In den Hochdruckraum, wobei im Werkzeug zur Erzeugung von Formelementen und/oder Nebenformelementen und/oder zum Gewährleisten des Nachfließens des Werkstückwerkstoffes bewegbare aktive Werkzeugelemente angeordnet sein können, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckzyylinder (12, 12.1) zur Erzeugung der Bewegung der aktiven Werkzeugelemente mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingung und/oder daß der Druckzyylinder zur Erzeugung des Hochdruckes des Druckmediums mit einer Einrichtung zur Erzeugung des pulsierenden Druckes gekoppelt ist. 50

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinrichtung (20) vorgesehen ist, mit welcher der Hochdruck des Druckmediums (D) und dessen Schwingungüberlagerung und/oder die schwingende Bewegung eines oder mehrerer aktiver Werkzeugelemente steuerbar sind. 60

6

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Werkzeugelemente in Form von Gegenhalter (G), oder Formstempel (F) und beim Innenhochdruckumformen an den offenen Enden des Werkstückes (8) als Nachschiebezyylinder (Z) ausgebildet sind. 5

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingung der beweglichen aktiven Elemente und/oder des Druckmediums (D) durch ein Ventil oder einen Quarzgeber erzeugt wird. 10

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

Int. Cl. 6:

Offenlegungstag:

DE 197 51 035 A1

B 21 D 26/02

27. Mai 1999

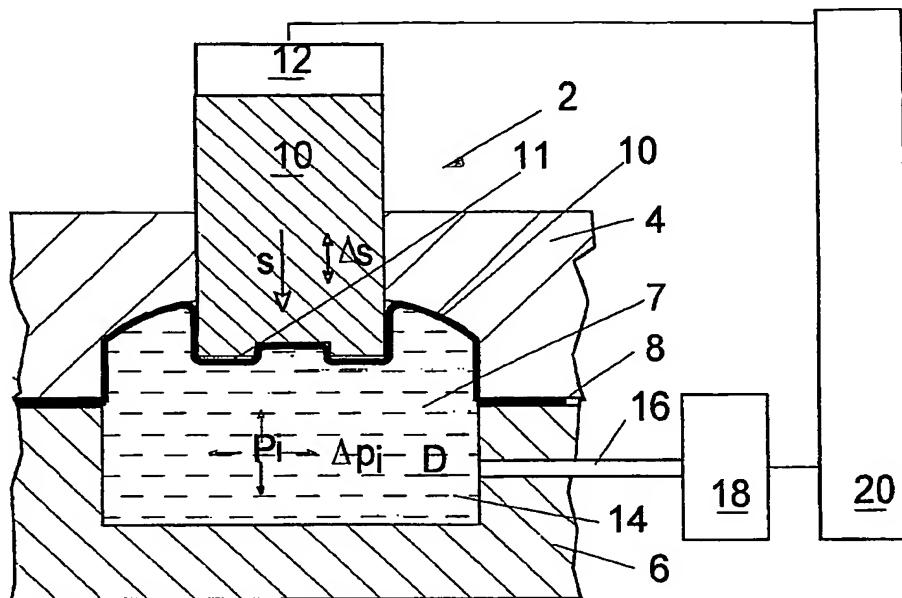


Fig. 1

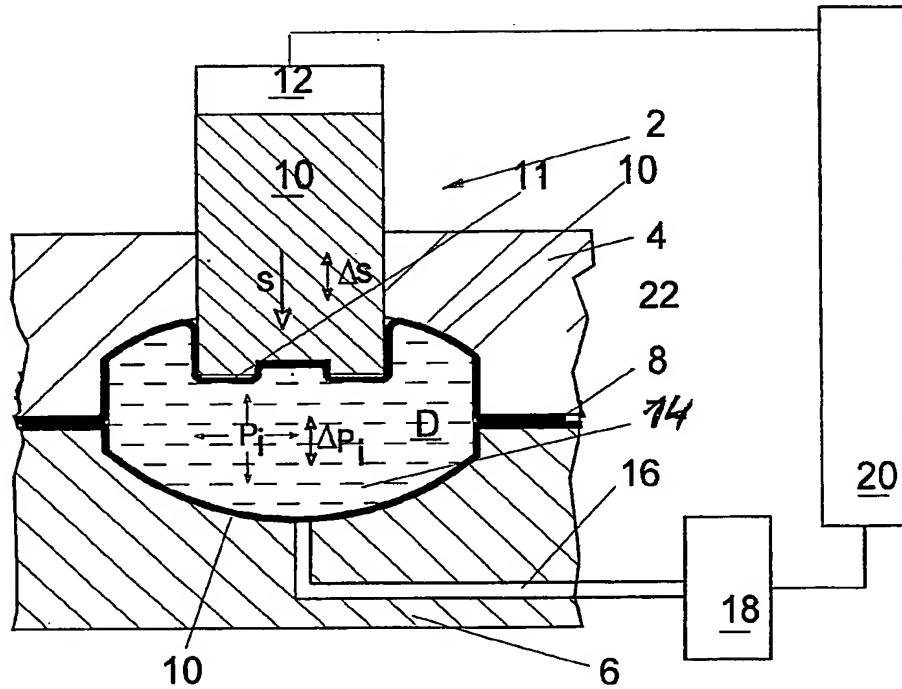


Fig. 2

902 021/182

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:
Int. Cl. 6:
Offenlegungstag:

DE 197 51 035 A1
B 21 D 26/02
27. Mai 1999

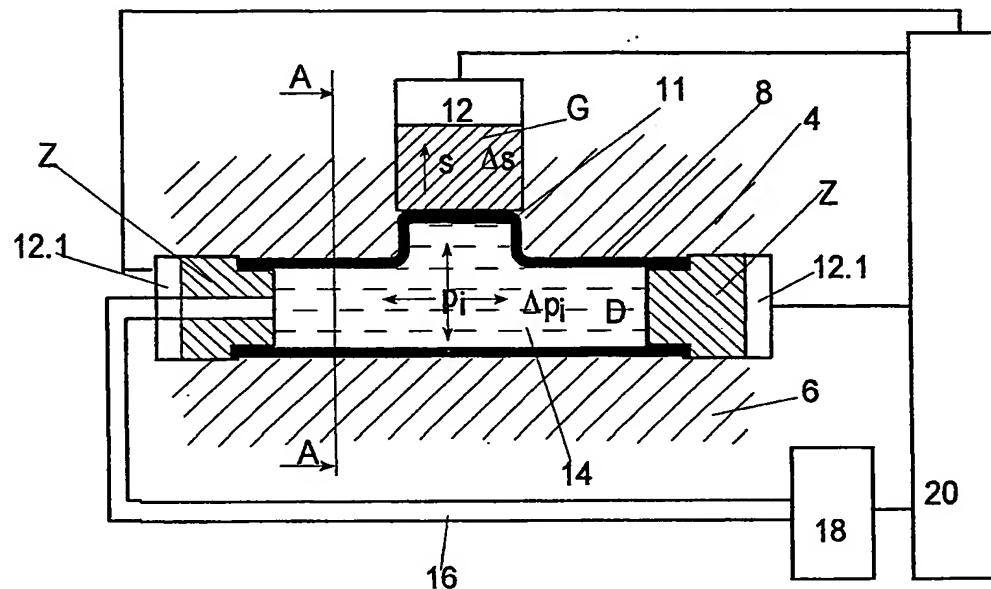


Fig. 3

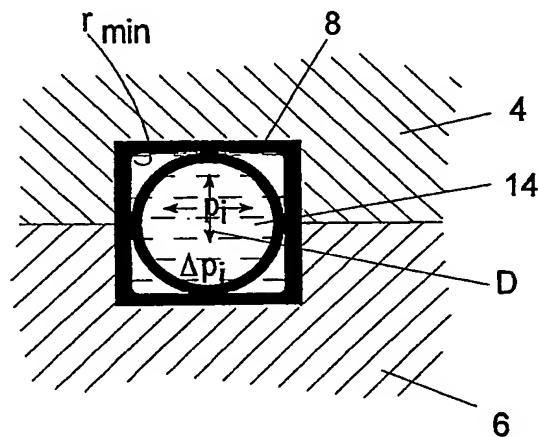
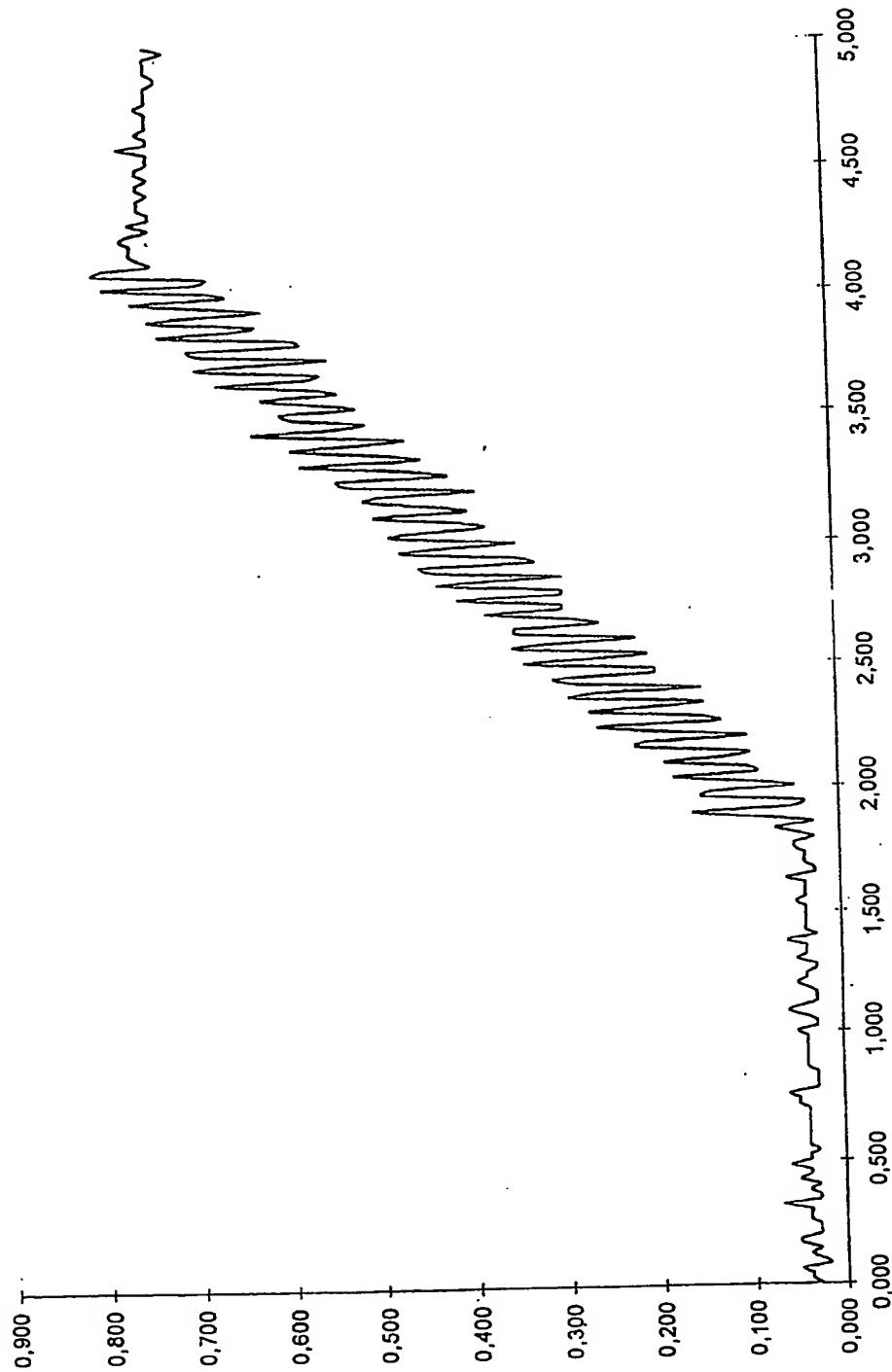


Fig. 4

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer: DE 197 51 035 A1
Int. Cl. 6. B 21 D 26/02
Offenlegungstag: 27. Mai 1999

Fig. 5



902 021/182

BEST AVAILABLE COPY